

VŠB Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**Návrh nové technologie opracování statoru
elektromotoru ve firmě Siemens, s.r.o.**

Proposal of New Technology Machining Electric Motor Stators at
Siemens, s.r.o.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Kratochvíl Ph.D.

Student:

Martin Plhák

Ostrava

Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Plhák**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Specializace: 70 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh nové technologie opracování statoru elektromotoru ve firmě Siemens, s.r.o.**
Proposal of New Technology Machining Electric Motor Stators at Siemens, s.r.o

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Popis stávajícího postupu výroby.
3. Návrh nového postupu výroby.
4. Technicko ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KOCMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o. Brno. 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
[2] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inženýrstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
[3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.
[4] HUMÁR, A. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. Brno : CCB, s.r.o. Brno, 1995. 265 s. ISBN 80-85825-10-4.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011
Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísečné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18.5.2012



Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 18. 5. 2012Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Martin Plhák

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Nám. Kosmonautů 3,
Mohelnice
789 85

Anotace diplomové práce

Plhák, M. *„Návrh nové technologie opracování statoru elektromotoru ve firmě Siemens, s.r.o.“*

VŠB-TU Ostrava, Katedra obrábění a montáže, 2012, 39 stran

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

V mé bakalářské práci se zabývám návrhem pracovního postupu při výrobě statorů pro firmu Siemens, s.r.o. Tuto firmu jsem si vybral z důvodu dlouholeté zkušenosti při výrobě elektromotorů a také protože patří mezi největší dodavatele ve své oblasti.

V úvodu se zmiňuji o současném stavu při výrobě statorů. Jsou důkladně rozebrány dvě současné technologie a provedení jejich porovnání. Poté jsem navrhnul dvě nové technologie pro výrobu statorů. Tyto dvě technologie jsou rozebrány a zdůrazněny jejich pracovní postupy a jejich výhody. V závěru mé práce jsem provedl technicko-ekonomické zhodnocení, kde jsou dvě nové technologie porovnány se současnými technologiemi a je určeno jedno řešení.

Na základě analýz technologií jsem chtěl navrhnout takovou technologii, která by mohla být realizována a která by přinesla firmě Siemens, s.r.o. lepší finanční řešení, rychlejší výrobu a větší produktivitu při výrobě statorů i celých elektromotorů.

Klíčová slova: Siemens, elektromotor, stator, pracovní linka, technologie

Annotation of dissertation

Plhák, M. „Proposal of new technology machining electric motor stators at Siemens, s.r.o.“
VŠB-TU Ostrava, Department of Machining and Assembly, 39 pages
Supervisor: Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

This thesis is about new design of processing of stators for Siemens, s.r.o. company. I chose this company because of its long experience in making of electric motors and it is one of the biggest suppliers in this area.

The introduction is about current status of making stators. Two present technologies are thoroughly discussed and compared. Next is my design of two new technologies for stator production. These two technologies are discussed and there is highlighted their workflow and benefits. In the end of my thesis is technical-economic evaluation, where are new technologies compared to the old ones, and one is chosen.

Based on analyses, I want to design technology, which can be implemented to provide cheaper and faster production and bigger productivity at making of stators and entire electric motors at Siemens, s.r.o. company.

Keywords: Siemens, electric motor, the stator, line work, technology

Obsah bakalářské práce

1. Úvod	3
2. Popis stávajícího postupu výroby	4
2.1 Popis a historie činnosti firmy Siemens, s.r.o.	4
2.2 Užití a složení elektromotoru a současný stav výroby statoru	4
2.3 Předmontážní linky spojené s JUS pro okružní frézování středících nákrůžků	7
2.4 Předmontážní linky spojené se soustruhem pro opracování středících nákrůžků a frézou pro ofrézování roviny patek	15
3. Návrh nového postupu výroby	19
3.1 Předmontážní linka spojená soustružením i frézováním se soustruhem KOVOSVIT SP280	19
3.2 Předmontážní linka obráběná frézováním s frézou StarragHeckert CWK 400D	26
4. Technicko-ekonomické zhodnocení	32
5. Závěr	34
Seznam použité literatury	35
Seznam obrázků	36
Seznam tabulek	38

Přehled použitých symbolů a značek

AH....	Značení osových výšek elektromotorů
CNC...	(Computer numerical control) Počítačově řízený obráběcí stroj
HSK...	Modulární upínací systém
JUS....	Jedno účelový stroj
Kč	Koruna česká (měna)
KM ...	Modulární nástrojový systém
o. z.	Odštěpný závod
s. r. o...	Společnost s ručním omezeným

1. Úvod

V současné době jsou kladena kritéria firem na přesnost, spolehlivost a zároveň rychlost výroby součástí. Výrobní linky se stále zdokonalují a automatizují, což má význam na chod a možnosti celé firmy.

Za tímto účelem jsem si vybral téma „Návrh nové technologie opracování statoru elektromotoru ve firmě Siemens, s.r.o.“, protože funkčnost této linky může zvýšit výrobu, ekonomiku a přesnost při výrobě elektromotorů.

Ke zpracování mé bakalářské práce jsem si vybral firmu Siemens s.r.o., o. z. Elektromotory Mohelnice. Z důvodů dlouhodobé zkušenosti na trhu výroby elektromotorů a zároveň, že patří mezi nejlepší a největší dodavatele a výrobce elektromotorů.

Cílem této práce je navrhnout dvě výrobní technologie při výrobě statorů a porovnat je se stávajícími technologiemi opracování statoru elektromotoru.

V teoretické části hodlám provést analýzy současných stavů výroby statorů. Ty důkladně rozeberu do dvou výrobních technologií. Obě současné technologie jsou spolehlivé a přesné, ale zastaralé, zabírají mnoho pracovního místa, jsou méně produktivní a užívají mnoho pracovních sil.

V praktické části navrhnu dvě nové technologie výroby. Obě budou více automatizované, přesné a produktivnější na výrobu, ale méně náročné na pracovní plochu a pracovní sílu. U obou těchto technologií budu analyzovat důkladně pracovní postup a upřednostním jejich výhody a nevýhody.

Závěrem provedu technicko-ekonomické vyhodnocení, kde obě nové technologie důkladně rozeberu po stránce produktivity, tak po stránce financí.

2. Popis stávajícího postupu výroby

2.1 Popis a historie činnosti firmy Siemens, s.r.o.

Siemens, s.r.o., odštěpný závod (dále jen o. z.) Elektromotory v Mohelnici patří do koncernu Siemens AG. Ten je globálním elektrotechnickým koncernem už přes 160 let synonymem špičkové technologie, inovace, kvality a spolehlivosti. Má pokrytí firem po celém světě a zaměstnává více jak 405 000 zaměstnanců. Tento koncern má rozsáhlou činnost v oblasti průmyslové infrastruktury, veřejné infrastruktury, zdravotnictví a energetice. Tyto oblasti se dále dělí na různé divize výroby [1]. Zakladatelem firmy Siemens byl Ernst Werner von Siemens německý vynálezce a technik, který se zabýval zejména elektřinou, komunikační technologií a s tím souvisejícími obory [2]. Mezi jeho nejznámější vynálezy patří telegraf s ukazovátkem. V České republice je koncern Siemens AG více jak 120 let a v Mohelnici působí přes 100 let.

Historie odštěpného závodu Siemens v Mohelnici [1] :

- r. 1904- Založen podnik společností Ludwig Doczekal&Comp. na výrobu elektromotorů.
- r. 1923- Vytvoření nové akciové společnosti EMAG – Elektrizitäts und Maschinenbau Aktien Gesellschaft
- r. 1924- Vstoupila tato firma do vlastnictví firmy Siemens akciová společnost.
- r. 1939- Začlenění do koncernu Siemens – Schuckertwerke AG.
- r. 1995- Udělení certifikátu systému managementu jakosti dle normy EN ISO 9001:1994 závodu firmou LRQA.
- r. 2002- Otevření logistického centra firmy GEIS v Mohelnici. Udělení certifikátu systému managementu jakosti dle normy EN ISO 9001:2000 obchodní oblasti A&D SD
- r. 2010- Zánik společnosti Siemens Elektromotory s.r.o., začlenění závodu Mohelnice jako odštěpného závodu do společnosti Siemens, s.r.o..

Odštěpný závod v Mohelnici je tedy dlouhodobým výrobcem nízkonapěťových a asynchronních elektromotorů. Patří mezi největší výrobce elektromotorů ve střední Evropě. V Mohelnici se vyrábí nízkonapěťové asynchronní elektromotory trojfázové o výkonech od 60 W do 30 kW, jednofázové o výkonech od 120 W do 3 kW. Mezi jejich hlavní zákazníky patří výrobci klimatizačních zařízení, čerpadel a kompresorů.

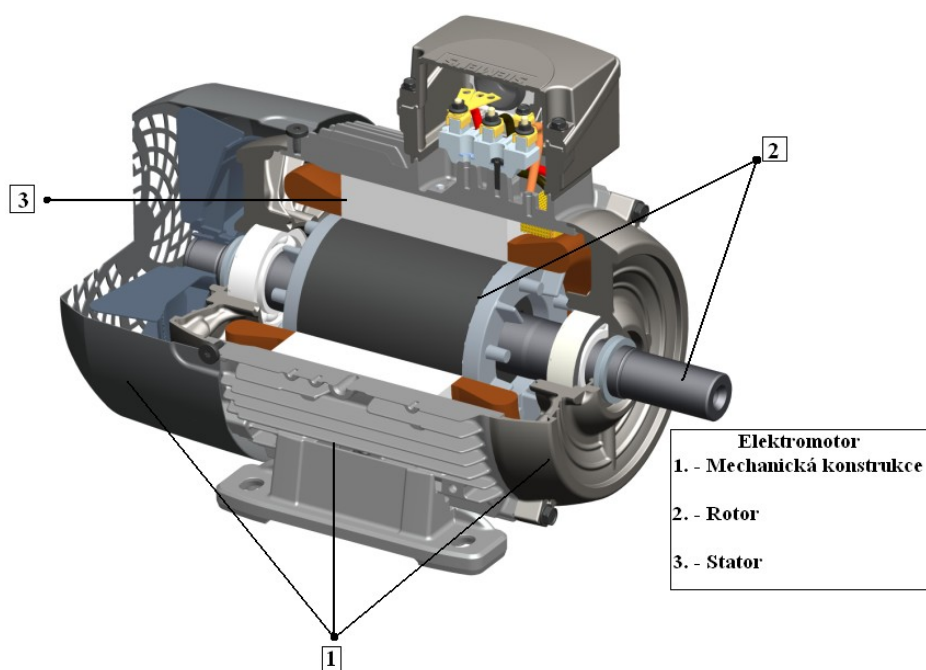
2.2 Užití a složení elektromotoru a současný stav výroby statoru

Elektromotory jsou elektrické stroje, které se používají jako pohon tam, kde se používá jako zdroj elektrický proud. Přeměňuje elektrickou energii na mechanickou energii. Elektromotory se dělí na dva základní typy a to, stejnosměrné elektromotory a střídavé elektromotory.

Elektromotor se rozděluje na tři základní části (obr. 1), těma jsou mechanická konstrukce. Ta je tvořena nosnými částmi, kterými jsou patky, příruby, ložiskové štíty, kryty, svorkovnice a chlazení. Zajišťuje pevnost a tuhost motoru. Zabraňuje vniknutí cizích částí a vody do elektromotoru. Zajišťuje odvod tepelné energie vzniklé ve stroji [3].

Další částí elektromotoru je rotor (obr. 1), je to otočná část stroje s magnetickým obvodem, vinutím a hřídelí, na které jsou nasazeny kroužky nebo komutátor. Komutátor mění směr elektrického proudu a polaritu magnetického pole procházejícího kotvou dvakrát během každé otáčky [3].

Poslední částí je stator (obr. 1), to je pevná část stroje. Na statoru je upevněna cívka s vinutím a s magnetickým obvodem. Stroj je konstruován tak, aby na sebe vhodně vzájemně působila magnetická pole rotoru a statoru a působením vytvářela krouticí moment. Krouticí moment je přenášen na hřídel stroje. Otáčející se rotor vykonává mechanickou práci i [3].



Obrázek 1: Sestava a řez elektromotoru

V O. Z. Elektromotory v Mohelnici firmy Siemens se vyrábí elektromotory osově výšky 63, 71, 80, 90, 112, 120, 132, 160 [mm]. Osová výška se určí tak, že se elektromotor položí na rovnou plochu patkami připevněnými k elektromotoru. Elektromotor bez patek nelze změřit. Od rovné plochy se změří vzdálenost k ose elektromotoru, tato vzdálenost je pak osová výška elektromotoru. Podle osově výšky se značí stejně elektromotory AH 63, 71, 80, 90, 112, 120, 132, 160. Toto označení slouží po dohodě mezinárodně. V ostatních firmách, které se zabývají výrobou elektromotoru musí mít stejné označení.

V bakalářské práci se zabývám nalisováním statoru na kryt motoru. To se provádí v odštěpném závodu firmy Siemens v Mohelnici dvěma způsoby. První způsob je předmontážní linka spojená s jednoúčelovým strojem (dále jen JUS) pro okružní frézování středících nákrůžků. Druhý způsob předmontážní linky spojené se soustruhem pro opracování středících nákrůžků a frézou pro ofrézování roviny patek. Obě tyto metody jsou produktivní a spolehlivé, ale se zvyšujícími se nároky na výrobu, kterými jsou rychlost výroby, automatizace výrobní linky, přesnost a kvalita statorů, se musí výrobní linky upravit tak, aby splňovaly tyto všechny aspekty výroby a firmy.

2.3 Předmontážní linky spojené s JUS pro okružní frézování středících nákrůžků.

Vstupním materiálem je navinutý statorový svazek, který se skládá z nalisovaných statorových paket ze statorových plechů a ze svazku měděných drátů vložených do statorového svazku. Měděné dráty se vkládají ručně nebo strojně, záleží na provedení elektromotoru. Navinutý statorový svazek se musí naimpregnovat impregnačním lakem NK50 - 1K30 a nebo UV lakem. Pokud je statorový svazek dvakrát naimpregnovaný, musí se očistit válečkováním vnitřní plochy a vnější plochy se očistí broušením smirkovým papírem. Druhým materiálem je kostra elektromotoru, která je odlitá a upravená ve slévárně, kostry se vyrábí ze dvou materiálů. Těmi jsou litina s lupínkovým grafitem, dle normy ČSN 42 2415 (tab. 1), a řadí se do označení šedých litin. Tato litina je struktury feriticko-pelritické a je nelegovaná. Je vhodná na odlitky s tloušťkou stěn od 5-30 mm. Pro teploty od 60-500°C [4], [5].

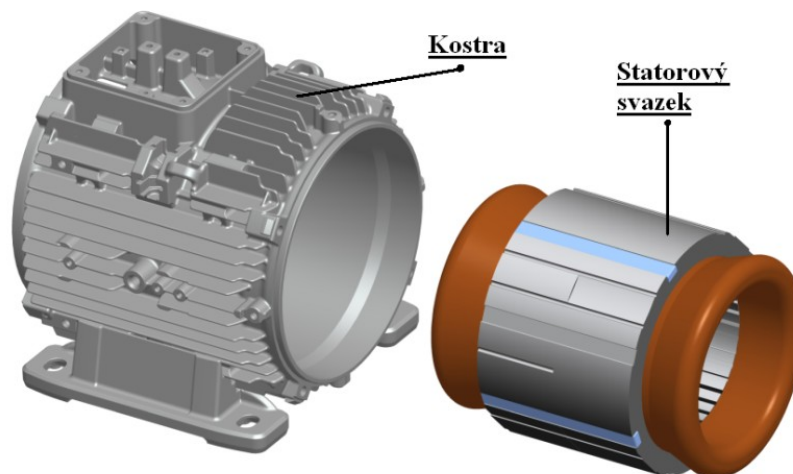
Vlastnosti litiny s lupínkovým grafitem ČSN42 2415	
Chemické označení	Množství (%)
C	2,5-3,5
Si	0,4-0,8
Mn	0,2-1,2
P	0,08
S	0,12
Mechanické a fyzikální vlastnosti	Množství
Pevnost v tahu (R_m)	150-250 (N/mm ²)
Mez kluzu (R_p)	98-165 (N/mm ²)
Tažnost (A)	0,8-0,3 (%)
Pevnost v tlaku (σ_{db})	600 (N/mm ²)
Pevnost v ohybu (σ_{bB})	250 (N/mm ²)
Pevnost ve stříhu (σ_{aB})	170 (N/mm ²)
Pevnost v krutu (τ_{tB})	170 (N/mm ²)
Max. tvrdost (HB)	200 (N/mm ²)
Modul pružnosti (E)	78-103 (kN/mm ²)

Tabulka 1: Chemické a mechanické vlastnosti litiny ČSN 42 2415

Litinové kostry se odlévají do ocelových forem, ty jsou velmi přesné odlity. Mají životnost 100-500 ks, poté se musí roztavit a znovu odlít pomocí pískových forem. Formy se vyrábí tak, že se vyrobí odlitek ze dřeva a otiskne se do písku. Při odlévání ocelových forem se může stát, že ve formách zůstanou kousky písku. Ty se pak dostanou do koster při odlévání a to může způsobit ztupení nožů při obrábění koster. Proto musí být ocelové formy důkladně očištěny. Celý proces odlévání a čištění se provádí v odštěpném závodě v Mohelnici. Dalším materiálem na výrobu koster je slitina hliníku s označením podle normy ČSN EN 1676, DIN 226 – AlSi9Cu3 (Fe). Tato slitina hliníku se vyznačuje dobrými vlastnostmi při odlévání. Je vhodná pro tlakové lití. Je hodně používaná v tlakovém lití částí motorů, hlavy válců, dílů pro elektrické motory, ložiska a mnoha dalších [6].

Chemické složení slitiny hliníku AlSi9Cu3(Fe) ČSN EN 1676	
Chemické označení	Množství [%]
Cu	2,0-4,0
Fe	0,6-1,1
Zn	< 1,2
Al	zbytek
Ni	< 0,55
Sn	< 0,25
Pb	< 0,35
Cr	< 0,15
Si	8,0-11,0
Mn	< 0,55
Mg	0,15-0,55
Ti	< 0,2
Chemické složení ostatních prvků	< 0,25

Tabulka 2: Chemické složení slitiny hliníku ČSN EN 1676



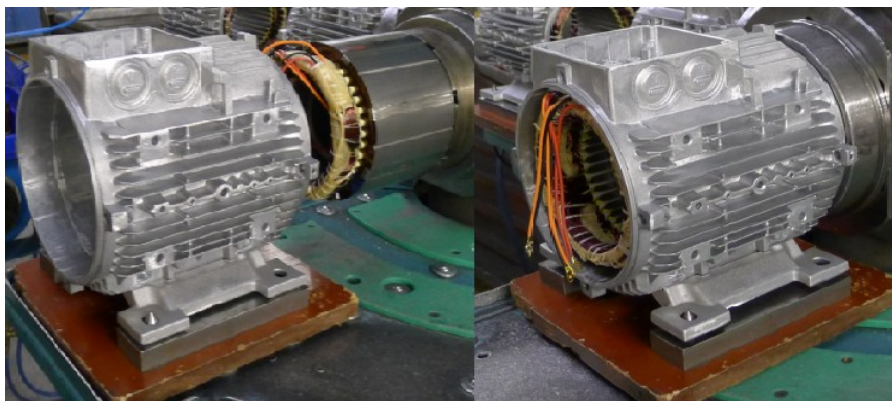
Obrázek 2: Kostra a statorový svazek

Hliníková kostra se musí před nalisováním nahřát. To se provádí v indukční peci (obr. 3), pomocí síťové frekvence. Ta se skládá z primární cívky, která je napájena proudem ze sítě. Kostra vložená do pece tvoří sekundární závit nakrátko. Toto nahřívání je velmi ekonomické a rychlé. Nahřívání je účinnější než zalisování za studena. Při nahřívání se průměr kostry zvětší až o 1 mm. Kostra je nahřívána na teplotu kolem 260°C za dobu od 15 do 45 s. Poté obsluha vybavená ochrannými prostředky proti spálení vyjme kostru z indukční pece. Při osových výškách 132, 160 se musí kostra vytáhnout z pece pomocí jeřábu.



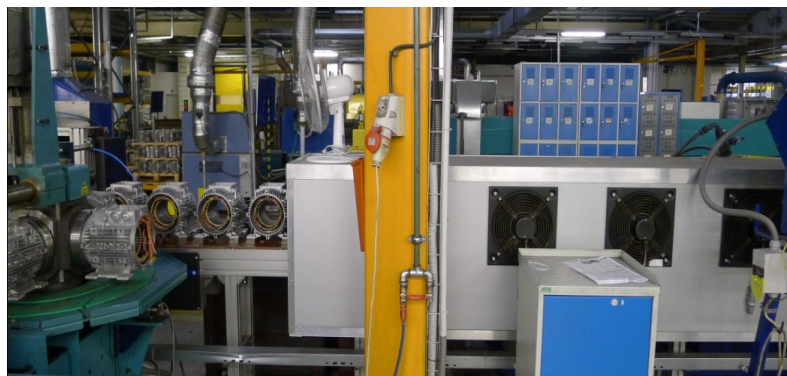
Obrázek 3: Nahřátí hliníkové kostry

Vloží se na jednoúčelový lis společně i s navinutým statorovým svazkem a zalisuje se kostra do navinutého svazku (obr .4). Síla lisu je cca 50 až 150 kN, zaleží na přesahu jednotlivých dílců a impregnaci statorového svazku. Podsestava, která vznikne se nazývá stator elektromotoru. Lisují se pouze statory s kostrami z litiny, protože hliníkové kostry by se při nalisování deformovaly a docházelo by k poškození statoru. Stator se vyjme z lisu a vloží na paletu, která je připevněna k dopravníku.

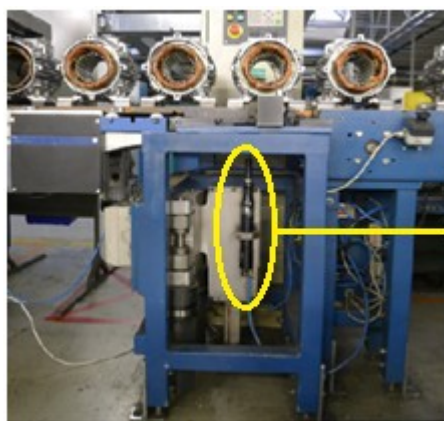


Obrázek 4: Nalisování kostry na statorový svazek

Statory s hliníkovou kostrou jsou po nasazení horké, a proto se musí zchladit na teplotu $20^{\circ}\text{C} \div 21^{\circ}\text{C}$. Proto po nasazení na paletu následuje dopravník s řízeným chladícím tunelem (obr. 5), který statory ochladí na požadovanou teplotu. Chlazení se provádí ve dvou částech. V první části se stator v chladícím tunelu zchladí okolním vzduchem hnaným s ventilátorů. V druhé části se stator zchladí na požadovanou teplotu pomocí klimatizovaného vzduchu o teplotě $8 \div 10^{\circ}\text{C}$. Do tunelu s chladícím zařízením je vloženo 20 ks statorů a chladí se přibližně 20 min. Dopravník je vybaven prokluzovým řetězcem a akumulací schopností. To je výhodné pro obsluhu, protože sama si určuje rychlost výroby.

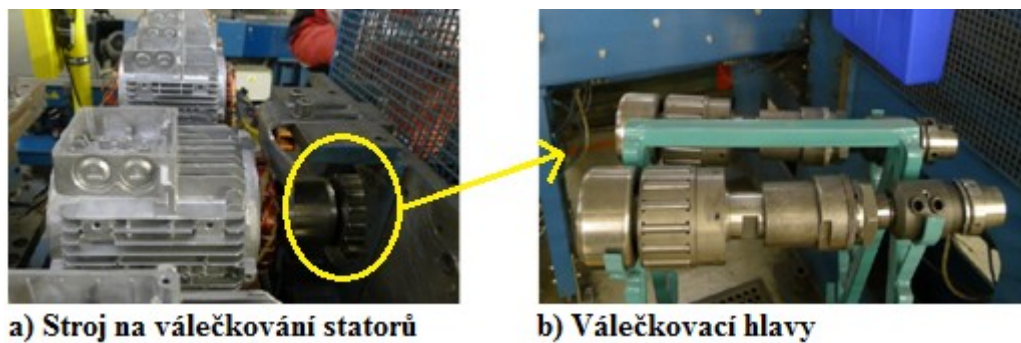
**Obrázek 5: Dopravník s chladícím tunelem**

Za chladícím tunelem je kontrola statoru, která kontroluje, zda je správně stator nasazen. Dále se kontroluje utažení šroubů, které spojují patky ke kostře. Pokud je některý ze šroubů povolen dojde k jeho utažení. To se provádí na pneumatické stahovačce (obr. 6) o síle $24 \pm 1 \text{ N}\times\text{m}$. Protože dochází u hliníkových koster vlivem tepelné dilatace k uvolnění šroubového spoje připevňujícího patky ke kostře, stahování se provádí roboticky. Robot je aktivován kódovou značkou na příslušné paletě statoru.

**a) Pneumatická stahovačka****b) Nástroj pro stahování****Obrázek 6: Kontrola stahování patek**

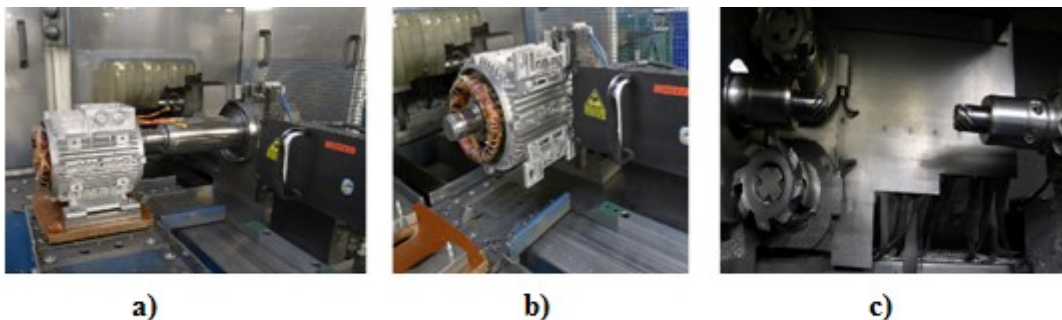
Dále statory pokračují na další operaci, kterou je válečkování vnitřního průměru statoru (obr. 7). Tato operace se provádí na jednoúčelovém automatickém stroji za pomoci speciálních válečkovacích hlav. Pomocí kódové značky na manipulační paletě se při změně válečkování průměru zablokuje chod zařízení a zároveň je přivolána obsluha obráběcího stroje, která provede výměnu válečkovací hlavy. Válečkovací hlava je do jednoúčelového

stroje upnuta pomocí modulárního upínacího systému HSK 63 tento systém je speciální a provádí ho firma Kennametal. Jedná se o držáky o $\varnothing 63\text{mm}$, které jsou mechanické nebo hydraulické. Na malé osové výšky AH 63, 71, 80, 90 se válečkuje svisle. U velkých osových výšek AH 112, 120, 132, 160 se válečkuje vodorovně.



Obrázek 7: Válečkování vnitřního průměru statoru

Další operací při výrobě statorů je obrábění středících nákrůžků kostry a roviny patek. Pro obrábění statorů elektromotorů velikosti AH 80, 90, 100, 112, 132 se používají jednoúčelové obráběcí stroje značky Taylor (obr. 8). Stroje obrábí středící nákrůžky statorů okružním frézováním. Stator se otáčí kolem své osy a fréza se posune na bezpečnou vzdálenost a poté ofrézuje nákrůžky. Stator se při frézování otočí dvakrát kolem své osy. První otáčka je hrubovací a koriguje průměr kostry. Druhá otáčka je pro dokončování délky kostry. Frézy jsou vyrobeny z jemnozrnného slinutého karbidu. Po okružním frézování středících nákrůžků se frézují patky dvěma protiběžnými frézami. Při frézování dochází k mikromazání za pomoci AEROSOL, spotřeba je 0,2 l mazací kapaliny za den. Aerosolem se mažou pouze nástroje. Nedochází potom k nalepování hliníku na frézy a frézy déle vydrží.



- a) Příjezd elektromotoru na dopravníku k upínači stroje
b) Motor nasazen na upínač a připraven k obrábění
c) Pracovní nástroje pro obrábění patek a středících nákrůžků

Obrázek 8: Obrábění středících nákrůžků satorů

Vlastnosti stroje a nástrojů pro okružní frézování a frézování patek.

Otáčky pracovních vřeten okružním frézováním: 6000 [1/min]

Otáčky vřeten pro frézování patek: 3500 [1/min]

Otáčky kleštinového upínače (posuv):

hrubovací – 300 [°/min]

dokončovací – 730 [°/min]

Držáky fréz: KM 63 HPH C32 100 (hydroupínač Kennametal)

Frézy okružní: zakázkové nástroje firmou ANAJ nebo LERCH

Počet zubů: 10

Průměr stopky: 32 [mm]

Průměr řezné části: 30 ÷ 26 [mm] (dle přestřžení)

Frézy na patky: typ 4.01 007 R 313, výrobce Kennametal

Počet zubů: 7

Průměr stopky: 100 [mm]

Typ řezných destiček: VBD BGHX 15LSPCFXRGG K10 MX

Závěrečnou operací na předmontážní lince je čištění statorů od třísek vzniklých při obrábění tlakovým vzduchem. Třísky při obrábění vnikají otvory v upínacích přípravcích do vnitřního prostoru statorů a musí se odstranit. Výskyt třísek ve statoru je pro chod elektrického motoru nepřipustný. Na závěr obsluha musí každý druhý kus proměřit. Musí zkontrolovat délku kostry, měří se posuvkou a rozměr musí být v toleranci H11. V případě speciálních elektromotorů se měří výškoměrem. Každá obsluha má přesně určené místo pro kontrolu a skladování používaných měřidel. U litinových koster se postup provádí stejně jako u hliníkových. Jedinou změnou je jen to, že se kostra před nasazením na statorový svazek nezahřívá.

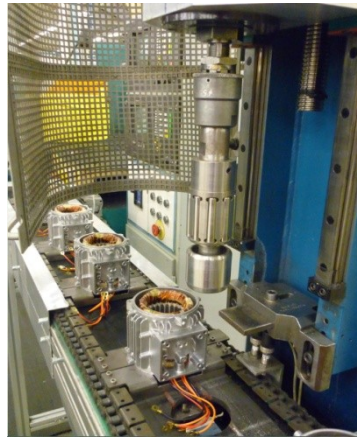
2.4 Předmontážní linky spojené se soustruhem pro opracování středících nákrůžků a frézou pro ofrézování roviny patek.

Tato obráběcí linka je podobná jak linka: předmontážní spojená s JUS pro okružní frézování středících nákrůžků. Slouží k výrobě statorů a montáži elektromotorů osově výšky AH 63, 71. Vstupním materiálem je také navinutý statorový svazek a kostra. Kostra je vyrobena z hliníku nebo z litiny. Hliníková kostra se musí nahřát stejně jako u předešlé linky. Poté se kostra odebere z pece a nalisuje se, to se provádí na svislém jednoúčelovém lisu. Po nalisování se vloží stator na chladicí dopravník. Chladicí dopravník je opatřen řetězem a upínacími segmenty pevně připevněnými k řetězu. Dopravník nemá schopnost akumulace obrobku. Co se na začátku do dopravníku vloží, to se musí na konci dopravníku ve stejném čase odebrat (obr. 9).



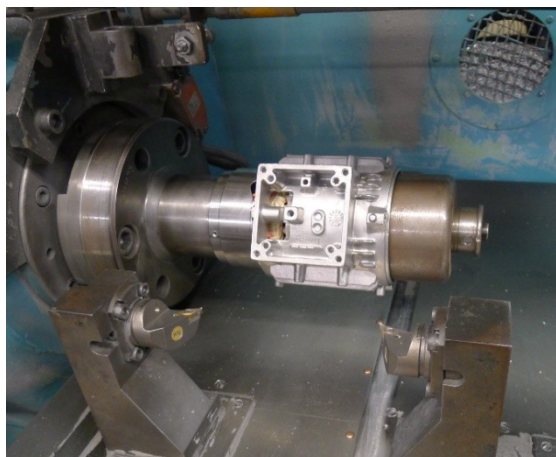
Obrázek 9: Chladicí dopravník

Když stator vyjede z chladicího pásu musí se odebrat a provede se válečkování. Válečkovací zařízení je vertikální koncepce, válečkovací hlavy jsou do vřetena stroje upnuty pomocí kuželu Morse 3 (obr. 10). Při dosáhnutí osově síly 500 N dojde k automatickému přerušení pracovního cyklu a přivolání obsluhy stroje.



Obrázek 10: Válečkovací zařízení

Po válečkování se odeberou statory na soustružení středících nákrůžků, to se provádí na upraveném soustruhu R5 (obr. 11). Soustruh je vybaven dvěma nezávislými CNC řízenými suporty. Je zde použit modulární nástrojový systém KM 32. Při soustružení statorů ze slitiny hliníku jsou použity destičky VBD DNMG 110308 firmy Kennametal.



Obrázek 11: Pracovní prostor stroje R5

Vlastnosti stroje a nástrojů pro soustružení středících nákrůžků

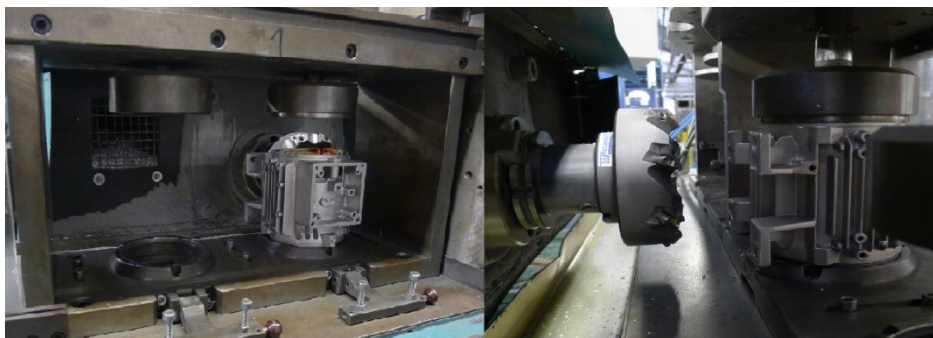
Řezná rychlost: 1200 [1/min]

Posuv: 0,2 [mm/ot]

Držáky: KM 32 SDQCR 11

Typ řezných destiček: DNMG 110308

U této metody se rovina patek obrábí na horizontální frézce pomocí speciálního duplexního upínače. Pro úsporu času je zkrácená dráha pracovního posuvu. Vnější patky upnutých statorů se obrábí jen vnější hranou nožové frézovací hlavy (obr. 12). Nutnou podmínkou je, aby úhel sklonu VBD $\lambda=0$.



Obrázek 12: Frézování roviny patek

Vlastnosti stroje a nástrojů pro frézování patek elektromotoru.

Řezná rychlost: 1000 [1/min]

Posuv: 921 [mm/min]

Ty frézy: 160C 10 R W45 SE 12F, výrobce PRAMET

Počet zubů 10

Typ řezných destiček: SEKN 12 04 AFF NLN

Na závěr obsluha musí každý druhý kus proměřit. Musí zkontrolovat délku kostry, měří se posuvkou a rozměr musí být v toleranci H11. V případě speciálních elektromotorů se měří výškoměrem.

Poté je už zcela hotový stator. Může přejít na další část výroby a tou je montáž. Montážní linky jsou rozvětvené na dva montážní pásy, první pás je pro klasické elektromotory. Druhý je pro montáž speciálních elektromotorů. Po namontování veškerých dílů a sestavení elektromotoru putuje na zkušebnu, kde elektromotor odzkouší. Poté putuje do lakovny, kde ho nalakují na požadovanou barvu. Na závěr putuje do expedice, kde elektromotor zabalí a putuje k zákazníkovi.

Typ pracovní linky				
Pořadí pracovních operací	Předmontážní linky spojené s JUS pro okružní frézování středících nákrůžků.	Čas operace (sek)	Předmontážní linky spojené se soustruhem pro opracování středících nákrůžků a frézku pro ofrézování roviny patek.	Čas operace (sek)
1.	Nahřátí v indukční peci	15-45	Nahřátí v indukční peci	15-45
2.	Vložení na jednoúčelový lis	5	Vložení na jednoúčelový lis	10
3.	Lisování kostry do statorového svazku	30	Lisování kostry do statorového svazku	30
4.	Vložení na paletku	5	Vložení na paletku	5
5.	Uchopení na dopravník s prokluzem	1	Uchopení na řetězový dopravník	1
6.	Projetí chladícím tunelem	1200	Projetí chladícím tunelem	1200
7.	Kontrola utažení šroubu	17	Kontrola utažení šroubu	17
8.	Vodorovné válečkování statoru	30	Svislé válečkování statoru	30
9.	Odebrání z dopravníku, vkládání do stroje	10	Odebrání z dopravníku, vkládání do stroje	9
10.	Frézování středících nákrůžků	18	Soustružení středících nákrůžků	19
11.	Frézování patek	9	Kontrola středících nákrůžků (2 statory)	40
12.	Odebrání ze stroje a přenesení k prac. stolu	3	Propletení drátů pro montáž	15
13.	Propletení drátů pro montáž	7	Přenesení do jednoúčelové frézky	15
14.	Čištění statoru	6	Frézování patek (2 statory)	31
15.	Kontrola středících nákrůžků	24	Čištění statoru (2 statory)	15
16.	Vložení na paletku k montáži	7	Vložení na paletku k montáži	3
	Celkem výrobní čas	1372	Celkem výrobní čas	1440

Tabulka 3: Porovnání pracovních linek

Pro porovnání je zde tabulka, kde jsou vidět jednotlivé změny v pracovních linkách. Musí se zmínit, že u pracovního postupu linky spojené se soustruhem pro opracování středících nákrůžků a frézku pro ofrézování roviny patek pracuje obsluha od kontroly statorů až po vložení na paletku k montáži z dvěma statory naráz. Tím je sice delší výrobní čas, ale vyrobí se více statorů za jednu směnu.

3. Návrh nového postupu výroby

Jak jsem se zmiňoval v předchozí kapitole, postup při výrobě statorů je různý a záleží na firmě, jakou strategii výroby si vybere a jakou si může dovolit. Předchozí metody jsou spolehlivé, ale už zastaralé. Proto v dnešní době se musí tyto metody nahradit metodami novými a stejně spolehlivými. Mojí snahou je vytvořit takové postupy při výrobě statorů, které budou finančně únosné firmě, budou výrobně spolehlivé, zaberou méně pracovního místa, ušetří pracovní síly, zvětší přesnost a rychlost výroby. Navrhuji proto dvě řešení při výrobě statorů, kde pouze jedna z těchto dvou technologií bude realizována, protože bude více přínosnější pro o. z. Elektromotory Mohelnice.

3.1 Předmontážní linka spojená soustružením i frézováním se soustruhem KOVOSVIT SP280

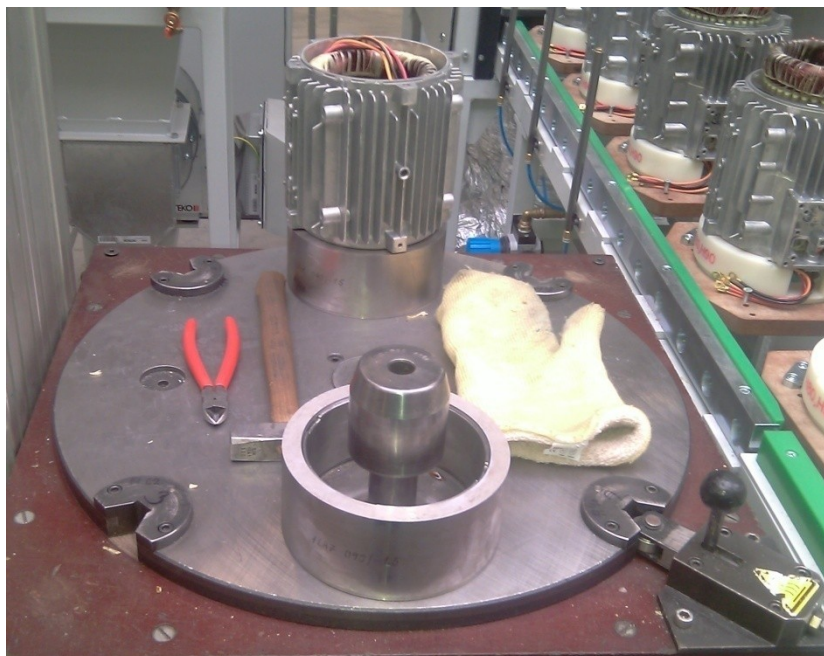
Tato předmontážní linka bude určena pouze pro statory malých osových výšek, těmi jsou AH 63, 71, 80, 90, které mají kostru vyrobenou z hliníku.

Počáteční operace bude nahřívání kostry elektromotoru. Toto nahřívání se bude provádět stejně jako v předchozích linkách v indukční peci se síťovou frekvencí. Tyto pece budou dvě, jedna indukční pec pro osově výšky AH 63, 71 a druhá pro AH 80, 90 (obr. 13). Tím bude zabráněno zbytečnému seřizování pecí. Kostry se budou nahřívat na teplotu 260°C, z důvodu tepelné dilatace kostry.



Obrázek 13: Indukční pec

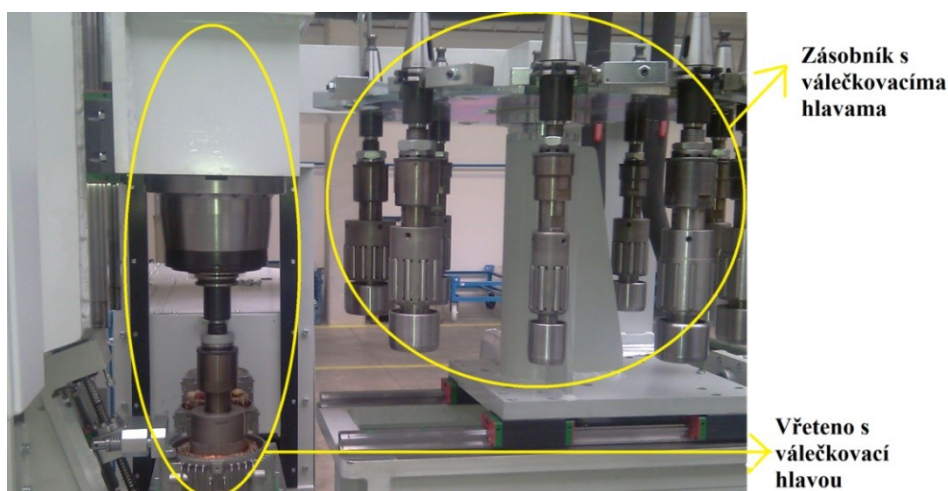
Poté operátor kostru vyjme za pomoci ochranných pomůcek proti spálení a vloží na přípravek k nasazení na statorový svazek. Tato operace se bude provádět ručně za pomoci určených pomůcek a zalisovacích přípravků (obr. 14). Ručně budeme moci kostru nasadit z důvodu menšího tření a vynaložení menší síly na nasazení na statorový svazek.



Obrázek 14: Přípravek na nasazení kostry na statorový svazek

Stator se poté vyjme a upevní na dopravník s prokluzovým řetězcem do předem připravené palety. V paletách budou tvarová vybrání pro příslušné obrobky a palety budou i menší než v předchozích linkách. Dopravník je ve tvaru oválu. Palety se statorem bude putovat do chladicího tunelu, který bude ve tvaru U. Tím zde bude ušetřeno místo, jak na chladicím tunelu, tak i kolem celého dopravníku. Chlazení bude prováděno ve dvou fázích jako v předchozích linkách. Nejprve se bude vhánět okolní vzduch pomocí ventilátorů do chladicího tunelu, poté klimatizovaný. Statory budou ochlazeny na teplotu $20 \div 21^{\circ}\text{C}$.

Další operací bude válečkování statoru. Válečkový stroj bude svislý a bude součástí dopravníku (obr. 15). Navíc bude součástí válečkovacího stroje automatická výměna hlav (obr. 15), která automaticky zjistí pomocí odměřovacího systému, o jaký typ statoru se jedná. Odměřovací systém bude uložen ve spodní části dopravníku před válečkovacím zařízením. Po změření a zjištění vnitřního průměru statoru se automaticky nastaví válečková hlava do polohy k obrábění.



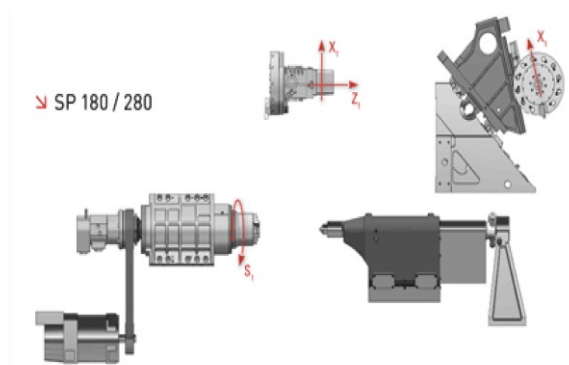
Obrázek 15: Válečkový stroj

U tohoto typu linky odpadá kontrola utažení šroubů na patkách. Kostry se budou odlévat s patkami jako celek. Poté, co projede stator na paletě těmito všemi operacemi, zaškolený operátor odebere z palety stator a vloží do CNC soustruhu značky Kovosvit MAS SP280.

Stroj Kovosvit MAS SP280 (obr. 16) je určen pro univerzální a hospodárné obrábění přírub, hřídelí a součástí z tyče. Stroj má robustní základ s vysokou tuhostí. Tuhost tříosového provedení horního suportu zajišťuje řešení s virtuálním pohybem osy Y, který je složen interpolací reálných os X a Y, které svírají úhel 30° . Vřetenové jednotky umožňují velký obráběcí výkon. Synchronní vestavené vřetenové motory poskytují vysokou dynamiku funkce vřetena a výkonnou rotační osu C. Díky těmto vlastnostem je stroj ideální pro tento typ práce a splňuje všechny aspekty výroby. Navíc má tento stroj v nabídce mnoho, jak normálních tak zvláštních příslušenství. Stroj bude mít řídicí systém Sinumerik [7].



a) CNC soustruh Kovosvit MAS SP280



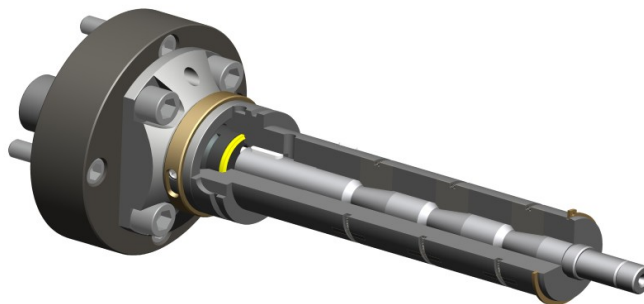
b) Pracovní oblast stroje Kovosvit MAS SP280

Obrázek 16: CNC soustruh Kovosvit MAS SP280 a jeho pracovní oblast

Hlavní technické údaje		
Pracovní rozsah		
Geometrická a pracovní přesnost		ISO 13041
Oběžný průměr nad ložem	mm	570
Maximální obráběný průměr	mm	280
Max. délka soustružení mezi hroty	mm	565
Max. hmotnost dílce sklíčidlo / sklíčidlo + koník	kg	50 / 100
Hlavní pohon - elektrovřeten		
Přední konec vřeten (DIN 55026)		A6
Výkon motoru	kW	21 / 27
Max. otáčky vřeten	min ⁻¹	4700
Max. průchod tyče	mm	61
Náhon osy C		
Max. otáčky vřeten	min ⁻¹	100
Min. programovatelný inkrement	°	0,001
Osa X - přímé odměřování		
Kuličkový šroub - průměr / stoupání	mm	32 / 12
Maximální zdvih	mm	245
Rychloposuv	m.min ⁻¹	30
Max. posuvná síla	kN	5
Přesnost opakované najetí dle ČSN ISO 230-2	mm	0,004
Osa Z - nepřímé odměřování		
Kuličkový šroub - průměr / stoupání	mm	40 / 15
Maximální zdvih	mm	640
Rychloposuv	m.min ⁻¹	30
Max. posuvná síla	kN	12
Přesnost opakované najetí dle ČSN ISO 230-2	mm	0,008
Osa Y - přímé odměřování		
Kuličkový šroub - průměr / stoupání	mm	32 / 12
Maximální zdvih	mm	100 (50)
Rychloposuv	m.min ⁻¹	15
Max. posuvná síla	kN	10
Přesnost opakované najetí dle ČSN ISO 230-2	mm	0,004
Nástrojová hlava		
Počet poloh pro pevné nebo rotační nástroje		12
Průměr upínacího čepu držáku nástrojů DIN 69880	mm	40
Rozměr nože	mm	25 x 25
Max. otáčky nástr. Vřeten	min ⁻¹	4000
Koník		
Kužel		Mo 5
Zdvih	mm	500
Rozsah přitlačné síly	kN	1,5 - 12
Rozměry stroje: délka x šířka x výška		
	mm	3875 x 2122 x 2345
Hmotnost stroje		
	kg	7500

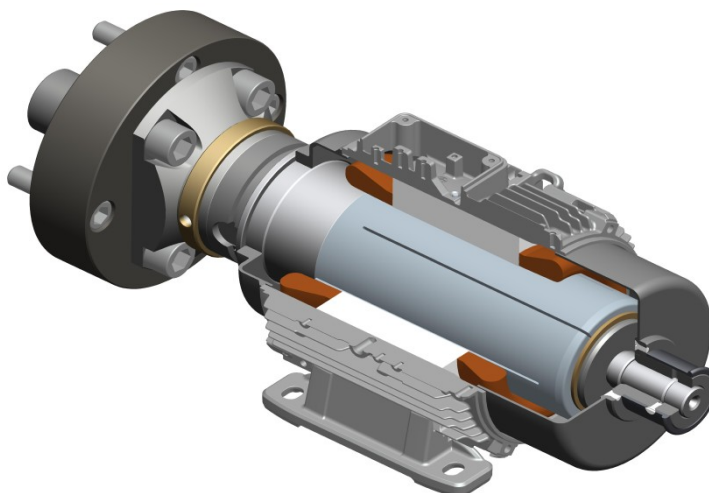
Tabulka 4: Hlavní tech. údaje stroje Kovosvit MAS SP280

Ve vřetenu stroje bude upnut speciální kleštinový upínač (obr. 17) se třemi řadami plošně středěných klínů.



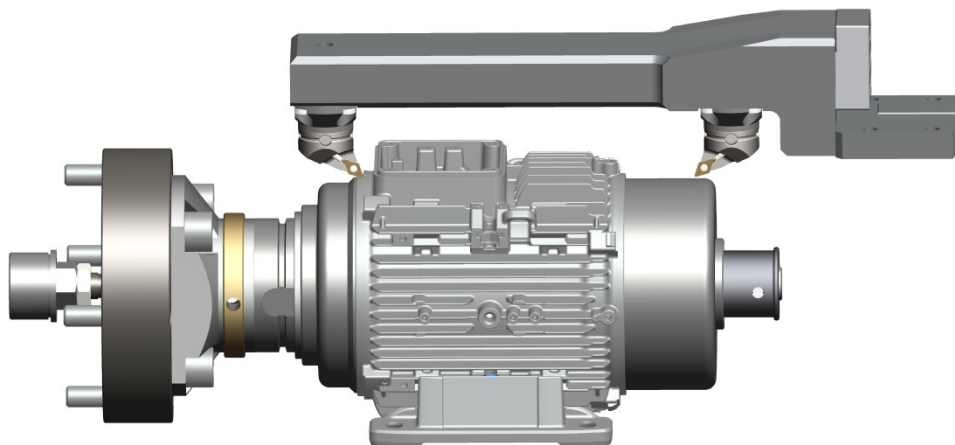
Obrázek 17: Speciální kleštinový upínač

Po nasazení statoru na upínač se vloží na upínač krytky (obr. 18). Levá krytka bude pevná a bude sloužit jako doraz pro stator. Pravá krytka bude odnímatelná a bude sloužit k ochraně vniknutí třísek do statoru. Bude mít vybrání pro úschovu přívodních vodičů, které se nesmí během opracování poškodit. Na každý průměr statoru bude jiná kleština a jiné krytky. Celkově tedy musíme mít 12 ks kleštin a 4 + 4 ks krytek. Po vložení statoru na upínač a nasazení krytek se musí stator ustavit do referenční roviny. To se provede pomocí upínacího přípravku, který je pod kleštinovým upínačem. Případně, pokud bude stator bez patek, ustaví se do referenční roviny za horní plochu svorkovnice. Po upnutí a ustavení statoru může obsluha stroje spustit naprogramovaný cyklus na obrábění.



Obrázek 18: Stator vložený na kleštinový upínač a připevněn krytkami

Nejprve se budou soustružit středící nákrůžky pomocí dvojitého nožového držáku (obr. 19). Nejdříve se bude soustružit vnitřní strana jedním soustružnickým nožem a druhý bude v prostoru, Potom se posunou soustružnické nože s držákem a bude soustružena vnější strana statoru druhým nožem. Poté se nástrojová hlava otočí a stator se ustaví do naprogramovatelné polohy.



Obrázek 19: Soustružení středících nákrůžků

Vlastnosti stroje a nástrojů pro soustružení středících nákrůžků

Řezná rychlost: 1500 [1/min]

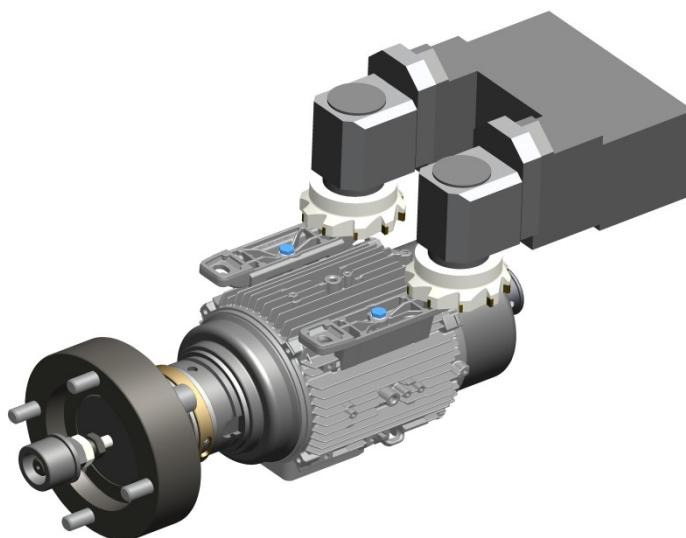
Posuv: Hrubování - 0,3 [mm/ot]

Hlazení – 0,2 [mm/ot]

Držáky: KM 40 SDQCR 11

Typ řezných destiček: DNMG 110308

V nástrojové hlavě budou upnuty dvě frézy s pohonem, který zaručuje motor o výkonu 5 kW. Patky se budou soustružit naráz (obr. 20). Z důvodů vibrace fréz, kdy budou v záběru dva zuby naráz a bude zde velké zatížení na patky, jsem došel k řešení, že se do frézy upne každá druhá destička ze slinutého karbidu. Tím bude v záběru jen jeden zub a nebude docházet k vibracím.



Obrázek 20: Frézování patek statoru

Vlastnosti stroje a nástrojů pro frézování patek elektromotoru.

Řezná rychlost: 3000 [1/min]

Posuv: 400 [mm/min]

Ty frézy: 160C 10 R W45 SE 12F, výrobce Kennametal

Počet zubů: 6 (kvůli vibracím jsou nasazeny pouze 3)

Průměr frézy: 63 [mm]

Typ řezných destiček: EDCT 10T302 PDFRLDJ

Řezné podmínky byly stanoveny na základě provedených zkoušek obrobitelnosti.

Stroj bude navíc vybaven radiálními vrtacími jednotkami. Ty budou upnuty do nástrojové hlavy, kterými se budou vrtat otvory pro pojišťovací kolíky. Díky této další operaci odpadá vrtání a kolíkování a celý proces obrábění bude převeden na jeden stroj. Po navrtání se nástrojová hlava otočí na místo, kde je upevněna ofukovací tryska, kterou provedeme závěrečnou operaci a tou je očištění povrchu statoru a zbavení od nežádoucích třísek. To se bude provádět na dvě etapy. Nejprve se stator ve vřetenu otřepe a poté pomocí kruhové interpolace osy Y a C proběhne ofouknutí kostry, pro každou stranu statoru zvlášť. Touto operací bude ušetřena další operace a vše proběhne automaticky a bez nutnosti odborného dohledu.

Díky této metodě bude získáno více volného prostoru. Navíc dobrému pracovnímu rozložení strojů a náročnosti jednotlivých operací, může tuto pracovní linku obsluhovat jen jeden proškolený operátor. Tím pádem bude linka více ekonomická. Pracovní cyklus stroje

Kovosvit MAS SP280 bude delší než u současných pracovních linek obráběcích strojů, musíme ale počítat s tím, že operátor se bude věnovat obsluze ostatních operací na této lince. Z toho nám vyplyne, že samotné obrábění bude delší, množství statorů za směnu bude menší, ale při obsluze jednoho operátora na celý průběh výroby statorů, bude vlastně výrobní linka produktivnější a levnější. Operátor bude moci vyrobit za směnu až 250 ks statorů, bude záležet však na provedení jednotlivých statorů.

3.2 Předmontážní linka obráběná frézováním s frézou StarragHeckert CWK 400D

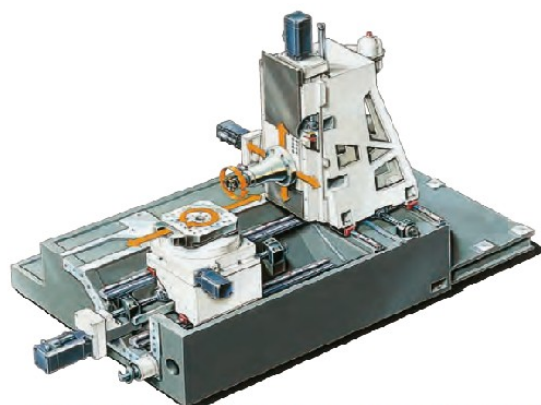
Další linka na výrobu statorů je rozdílná oproti předmontážní lince spojené soustružením i frézováním se soustruhem Kovosvit MAS SP280. Tato linka bude mít pouze jeden typ obrábění statoru a to frézování. Má i jiného výrobce stroje.

První operací této linky bude nahřívání hliníkových koster. To se bude provádět stejně jako u předchozí linky, pomocí dvou indukčních pecí se síťovou frekvencí. Nahřívát se budou kostry na teplotu 260°C. Poté se kostra vyjme z pece a vloží se na přípravek, kde se nasadí na statorový svazek. Ten bude opět stejný jako u předchozí linky. Po nasazení kostry do statorového svazku se stator vloží na předem připravenou paletu, která pojede na dopravníku ve tvaru oválu s prokluzovým řetězcem. Stator poté bude putovat do chladicího tunelu, který je ve tvaru U. Po absolvování chladicího tunelu přichází na řadu válečkování vnitřního průměru statoru. To se bude provádět úplně stejně jako u předchozí linky. Za pomoci automatické výměny hlav, která automaticky zjistí pomocí odměřovacího systému, o jaký typ statoru se jedná.

Po absolvování všech těchto operací operátor vyjme stator z palety a vloží do CNC univerzálního centra Starrag Heckert CWK 400D (obr. 21). Stroj Starrag Heckert CWK 400D je horizontální obráběcí centrum s vysokou flexibilitou, vysokým výkonem a přesností, které je ideální pro komplexní obrábění různých součástí z oceli, litiny a hliníku. Stroj je navržen pro opracování malých a středně velkých součástí. Je vhodný pro malosériovou a hromadnou výrobu. Všechny komponenty mají velmi nízkou tepelnou roztažnost. Stroj obsahuje Multi-stranné obrábění a kompletní obrábění s NC otočným stolem. To zaručuje rychlou produktivitu výroby. Stroj má řídicí systém Sinumerik [8].



a) CNC fréza Starrag Heckert CWK 400D



b) Pracovní prostor stroje Starrag Heckert CWK 400D

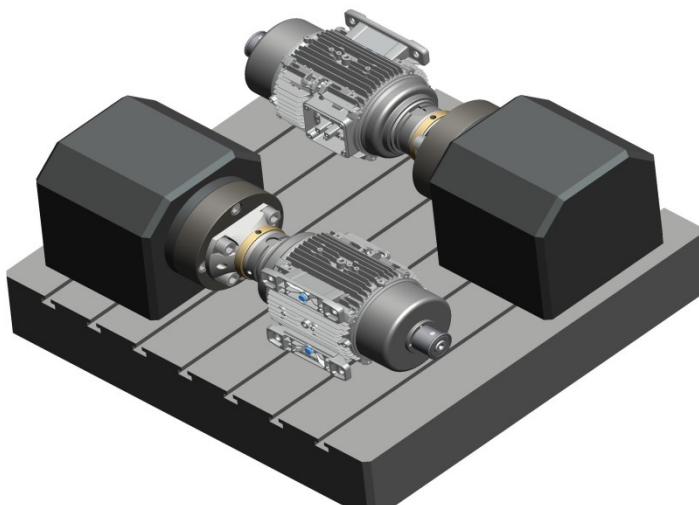
Obrázek 21: CNC obráběcí centrum Starrag Heckert CWK400D

Hlavní technické údaje		
NC otočný stůl / osa B		
Upínací plocha palety	mm	400 x 400 (500 x 400)
Max. zatížení	kg	400
Oběžný průměr obrobku	mm	700
Max výška obrobku	mm	750
Počet palet	ks	2
Doba výměny palet	s	8
Hodnoty pojezdů		
Lineární pojezd X	mm	650
Svislý pojezd Y	mm	650
Příčný pojezd Z	mm	650
Hlavní motorové vřeteno		
Držák náradí s dutým kuželovým upínačem		HSK 63
Průměr předního ložiska	mm	75
Rozsah otáček	ot	50 - 15000
Příkon 100%	kW	19
Příkon pohonů 40%	kW	31
Krouticí moment 100%	nm	165
Točivý moment	nm	200
Měnič nástrojů		
Počet míst nástrojů	ks	60 (80)
Max. průměr nástroje	mm	160
Max. délka nástroje	mm	350
Max. hmotnost nástroje	kg	10
Max. točivý moment	nm	10

Možnosti obráběcích rychlostí		
Pracovní posuv X / Y / Z	mm / min	40000
Rychloposuv X / Y / Z	m / min	40
Zrychlení X / Y / Z	s ²	10
Max. posuvová síla X / Y / Z	kN	12
Max. B - osa rychlost	ot / min	100
Chladicí systém		
Napájení pomocí vřetena		
Objem	l / min	30 / 27 / 24
Tlak	bar	30 / 40 / 50
Napájení přes trysky		
Objem	l / min	50
Tlak	bar	2
Vlastnosti stroje		
Čistá hmotnost	kg	12800
Délka x šířka x výška	m	5,40 x 4,23 x 2,87

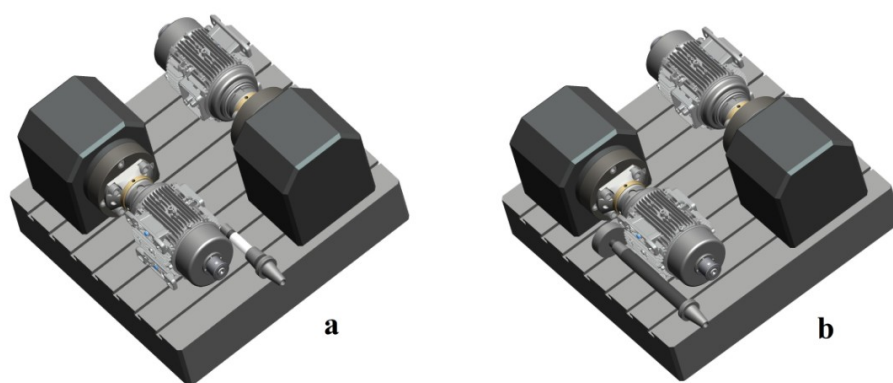
Tabulka 5: Technické údaje stroje Starrag Heckert CWK 400D

V CNC univerzálním centru Starrag Heckert CWK 400D by na obrobkové upínací výměnné paletě byly připevněny dva horizontální upínací kleštinové přípravky (obr. 22). Upínače se upínají tlakem hydraulického média pomocí lineárních servopohonů. Satory by byly na tyto trny upnuty tak, že patky by byly ve svislé poloze. Stator by byl natočen patkami otočenými o 90° směrem k vnějšímu okraji palety. Po upnutí obrobku by se nasadily chránicí krytky vinutí.



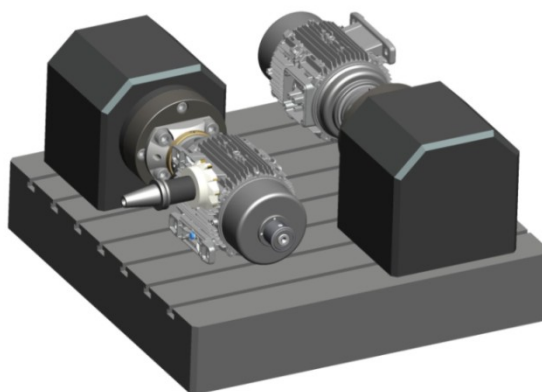
Obrázek 22: Paleta v obráběcím centru připravena k obrábění

Po spuštění automatického cyklu obrábění by byla paleta přesunuta do krytého pracovního prostoru stroje CWK 400D. Obráběcí program by byl optimalizován z hlediska počtu výměn nástrojů a palet, protože otočení palety o 180° je velmi rychlé, trvá jen 1,2 sec je obrábění rozčleněno, tak aby se snížil počet nutných výměn nástroje. Nástrojem by byla obrobena přední strana statoru na jednom kusu, otočí se paleta a obrábění pokračuje na druhém kusu, teprve potom by se vyměnil nástroj a pokračovalo se na další operaci. Zde by byly automaticky obrobena středící nákrůžky statoru. Po výměně nástroje na kotoučovou frézu na dlouhé stopce a obrobena zadní strany statoru (obr. 23). Fréza musí kruhovou interpolací obrobit středící průměr a zároveň srazit hranu dle výkresu. Dlouhá stopka a velký průměr frézy je nutný z důvodu nepřístupnosti pro obrábění z druhé strany obrobku (obr. 23), zde brání přístupu nosná konzola kleštinového upínače. Středící nákrůžky se obrábí na dvě třísky. Po dokončení této operace dojde k výměně nástroje. Na závěr se obrobí rovina patek (obr. 24).



a) Obrábění středícího nákrůžku na vzdálenější ploše
b) Obrábění středícího nákrůžku u upínače

Obrázek 23: Obrábění středících nákrůžků



Obrázek 24: Obrábění roviny patek

Vlastnosti stroje a nástrojů pro okružní frézování**Okružní frézování vzdálenější plochy****Pro hrubování:**

Řezná rychlost pracovního vřeten okružním frézováním: 6000 [1/min]

Posuv: 1200 [mm/min]

Hloubka záběru: 0,8 [mm]

Pro dokončování

Řezná rychlost pracovního vřeten okružním frézováním: 6000 [1/min]

Posuv: 800 [mm/min]

Hloubka záběru: 0,2 [mm]

Okružní frézování u upínače**Pro hrubování:**

Řezná rychlost pracovního vřeten okružním frézováním: 800 [1/min]

Posuv: 1200 [mm/min]

Hloubka záběru: 0,8 [mm]

Pro dokončování

Řezná rychlost pracovního vřeten okružním frézováním: 800 [1/min]

Posuv: 800 [mm/min]

Hloubka záběru: 0,2 [mm]

Frézování patek statoru

Řezná rychlost pracovního vřeten okružním frézováním: 3500 [1/min]

Posuv: 2000 [mm/min]

Hloubka záběru: 0,8 - 2 [mm]

Frézy okružní (pro vnější polochu): zakázkové nástroje firmou ANAJ nebo

LERCH

Počet zubů: 8

Průměr stopky: 30[mm]

Frézy okružní (pro vnitřní polochu): zakázkové nástroje firmou ANAJ nebo

LERCH)

Počet zubů: 30

Průměr stopky: 120[mm]

Frézy na patky: typ 4.01 007 R 313, výrobce Kennametal

Počet zubů: 6

Průměr stopky: 100[mm]

Typ řezných destiček: EDCT10T304 PDFRLDJ KC410M

Řezné podmínky byly stanoveny na základě provedených zkoušek obrobiteľnosti.

Po dokončení obrábění obou statorů v pracovním prostoru dojde k otočení palet. Paleta, co byla v pracovním prostoru se dostane ven ze stroje a na paletě, která byla venku, obsluha upevní další dva statory. To se provede pootočením dopravního zařízení o 180°. Ve strojním čase bude obsluha odebírat obrobené kusy na druhé paletě, bude měřit a upínat další kusy. Tuto technologii by, jako v předešlé technologii, obsluhoval jeden proškolený operátor.

4. Technicko-ekonomické zhodnocení

Při vyhodnocování obou technologií výroby statorů jsem dbal na rychlost výroby, přesnost, množství vyrobených součástí a hlavně na ekonomiku výroby. Obě navrhované technologie jsou moderní a dali by se ve výrobě použít. O. z. Elektromotory Mohelnice však potřebuje jen jeden typ výroby statorů.

Předmontážní linka spojená soustružením i frézováním se soustruhem KOVOSVIT MAS SP280 je vhodná pro výrobu statorů hned z několika důvodů. Základní úspora je, že kostra a statorový svazek se nemusí lisovat a postačí jen nasazení. Díky tomu nám odpadnou náklady na další stroj, další pracovní sílu a pracovní místo. Po přenesení statoru na paletu je ušetřené další potřebné místo i díky dopravníku ve tvaru oválu a chladicímu tunelu ve tvaru U. Jednou z hlavních úspor je automatické válečkování vnitřního průměru statorů, protože nám odpadlo seřizování na každý typ statoru a vše proběhne automaticky bez jakékoliv pomoci. Hlavní úsporou a zároveň přínosem je stroj Kovosvit MAS SP280, který zaručuje přesnost a rychlost výroby díky speciálním přípravkům a možnosti stroj naprogramovat na určené funkce. Navíc je tento stroj i finančně dostupný, cena základního stroje činí 3 200 000 Kč, po probrání přípravků potřebných na výrobu se dostáváme na cenu 3 503 250 Kč. Cena je tedy vhodně finančně dostupná. Dále nám zde odpadly další dvě náhradní operace a úspora pracovních sil zaručuje produktivitu výroby. Hlavním ukazatelem úspory je, že linku obsluhuje pouze jeden proškolený operátor. V současné výrobě linku obsluhují tři proškolení operátoři současně. Dalším důležitým faktorem úspory je pracovní prostor. Pracovní linka v současné době zahrnuje zhruba 30 m² své plochy, navrhovaná nová technologie pouze 15 m². To je o polovinu ušetřené plochy, které se dá použít na skladování a přípravu výroby statorů, ale i k jiným pracovním technologiím. Tato pracovní technologie je tedy i po stránce ekonomické velmi dostupná, protože není zapotřebí mnoho speciálních příslušenství. Tato linka splňuje všechny aspekty výroby pro firmu o. z. Elektromotory Mohelnice, a proto byla vybrána a úspěšně z realizována.

Předmontážní linka obráběná frézováním s obráběcím centrem Starrag Heckert CWK 400D je podobná jako předmontážní linka spojená soustružením i frézováním se soustruhem Kovosvit MAS SP280. Vše je shodné až na poslední operace obrábění. Zde je obráběcí centrum Starrag Heckert CWK 400D. Tento stroj zaručuje přesnost, rychlost a produktivitu výroby. Mezi jeho největší výhody patří obrábění dvou součástí naráz a přípravy dvou součástí na výrobu mimo pracovní prostor v čase obrábění. To umožňuje kontrolu obrobků ještě upnutých v upínači, případná korekce a znovu obrobení dílců je tak

lépe proveditelné v porovnání s jinými technologiemi. U této technologie bychom dostali podobný pracovní prostor jako v předchozí navrhované technologii. Tuto technologii obsluhuje také jeden proškolený operátor. Uvedená technologie nebyla však vybrána z důvodu velké investiční náročnosti zejména na vybavení velkým počtem upínacích přípravků a speciálních dílů. Základní stroj by se dostal v přepočtu na částku 7 300 000 Kč a další částka 2 000 000 Kč by vyšla na speciální přípravky k obráběcímu centru. To činí skoro trojnásobek než v předchozím případě navrhované technologie. Navíc by musel stroj být dopraven z Německé republiky, z důvodu německého výrobce. Tuto linku si o. z. Elektromotory Mohelnice nevybral z důvodu vysokého finančního zatížení

5. Závěr

V mé bakalářské práci jsem se zabýval návrhem pracovního postupu statorů do elektromotorů pro firmu Siemens, s.r.o., o. z. Elektromotory Mohelnice, který používá dvě současné technologie při výrobě statorů. Obě technologie jsou však zastaralé a nesplňují modernizaci a automatizaci výroby.

V dané firmě jsem provedlo rozsáhlou analýzu těchto pracovních postupů a na základě výsledků, které mě vyšly, jsem došel k návrhům dvou nových pracovních postupů výroby statorů. Tyto nové pracovní postupy by měly zlepšit modernizaci a automatizaci výroby a dále i ve všech směrech celkovou výrobu statorů. Z těchto dvou navržených technologií byla jedna vybrána a z realizována. Vybraná technologie byla pro o. z. Elektromotory Mohelnice finančně i výrobně velmi výhodná.

Při zpracování tématu „Návrh nové technologie opracování statoru elektromotorů ve firmě Siemens, s.r.o.“ jsem došel k závěru, že výroba statorů je neodmyslitelnou součástí při výrobě elektromotorů. Její modernizování a automatizace přináší velký pozitivní vliv na celkovou výrobu elektromotorů do celého světa.

Seznam použité literatury

- [1] Siemens Česká republika – Historie OZ Mohelnice. [online], [cit. 2012-01-20].
Dostupné:<https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/industry/OZ_Mohelnice/Pages/Elektromotory_Mohelnice.aspx>
- [2] Siemens Česká republika – Werner von Siemens. [online], [cit. 2012-01-20].
Dostupné:<https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/o_nas/Pages/Werner-von-Siemens.aspx>
- [3] Wikipedia – Otevřená encyklopedie. [online], [cit. 2012-02-08].
Dostupné:<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromotor>>
- [4] Vysoké učení technické Brno – Studijní opory. [online], [cit. 2012-02-14].
Dostupné:<<http://ime.fme.vutbr.cz/files/Studijni%20opory/savgl/index.php?chapter=10>>
- [5] Feronia, a.s. – Velkoobchod s hutním materiálem. [online], [cit. 2012-02-14].
Dostupné:<<http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=18236>>
- [6] MFG – Dodavatel surovin na výrobu železných kovů. [online], [cit. 2012-04-20].
Dostupné:<<http://www.mfg-germany.com/index.php?ident=119&lang=2>>
- [7] Kovosvit MAS, a.s. – Výrobce obráběcích strojů. [online], [cit. 2012-05-02].
Dostupné: <<http://www.kovosvit.cz/cz/sp-280/>>
- [8] Heckert, a.s. – Výrobce obráběcích center. [online], [cit. 2012-05-02].
Dostupné:<<http://www.starragheckert.com/sh/index.php/de/produkte/4-achs-zentren/-wmw-cwk-serie>>
- [8] Siemens, s.r.o. – Vnitrofiremní dokumenty. [online], [cit. 2012-05-02].

Seznam obrázků

Obrázek 1: Sestava a řez elektromotoru	5
Obrázek 2: Kostra a statorový svazek.....	9
Obrázek 3: Nahřátí hliníkové kostry.....	9
Obrázek 4: Nalisování kostry na statorový svazek.....	10
Obrázek 5: Dopravník s chladicím tunelem.....	11
Obrázek 6: Kontrola stahování patek.....	11
Obrázek 7: Válečkování vnitřního průměru statoru	12
Obrázek 8: Obrábění středících nákrůžků statorů	13
Obrázek 9: Chladicí dopravník.....	15
Obrázek 10: Válečkovací zařízení	16
Obrázek 11: Pracovní prostor stroje R5	16
Obrázek 12: Frézování roviny patek.....	17
Obrázek 13: Indukční pece.....	19
Obrázek 14: Přípravek na nasazení kostry na statorový svazek.....	20
Obrázek 15: Válečkovací stroj	21

Obrázek 16: CNC soustruh Kovosvit MAS SP280 a jeho pracovní oblast	21
Obrázek 17: Speciální kleštinový upínač	23
Obrázek 18: Stator vložený na kleštinový upínač a připevněn krytkami	23
Obrázek 19: Soustružení středících nákrůžků	24
Obrázek 20: Frézování patek statoru	25
Obrázek 21: CNC obráběcí centrum Starrag Heckert CWK400D	27
Obrázek 22: Paleta v obráběcím centru připravena k obrábění.....	28
Obrázek 23: Obrábění středících nákrůžků	29
Obrázek 24: Obrábění roviny patek.....	29

Seznam tabulek

Tabulka 1: Chemické a mechanické vlastnosti litiny ČSN 42 2415	7
Tabulka 2: Chemické složení slitiny hliníku ČSN EN 1676.....	8
Tabulka 3: Porovnání pracovních linek	18
Tabulka 4: Hlavní tech. údaje stroje Kovosvit MAS SP280.....	22
Tabulka 5: Technické údaje stroje Starrag Heckert CWK 400D	28

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat za poskytnuté rady, trpělivost a ochotu vedoucímu mé diplomové práce Ing. Jiřímu Kratochvílovi Ph.D a dále potom celému managementu společnosti Siemens, s.r.o., o. z. Elektromotory Mohelnice, zejména pak panu Ing. Jaroslavu Kunsfeldovi a panu Ladislavu Sedlákov, za kladný přístup na mé dotazy a požadavky.